

비천공 Breathable 필름이 몇 가지 저장온도에서 '후지' 사과 MA 저장성에 미치는 영향

최인이^{1,2} · 홍성미¹ · 정민재¹ · 백준필² · 강호민^{1,2*}

¹강원대학교 원예학과, ²강원대학교 농업과학연구원

Effect of Non-Perforated Breathable Films on the Storability of 'Fuji' Apples in Modified Atmosphere Condition in the Different Storage Temperature

Choi In-Lee^{1,2}, Sung Mi Hong¹, Min Jae Jeong¹, Jun Pill Baek², and Ho-Min Kang^{1,2*}

¹Dept. of Horticulture, Kangwon Nat'l. Univ., Chuncheon 200-701, Korea

²Agricultural and Life Science Research Institute, Kangwon Nat'l. Univ., Chuncheon 200-701, Korea

Abstract. These studies were conducted to identify the effects of non-perforated breathable package film on storability at 1°C, 8°C, and 20°C storage of 'Fuji' apples. The fresh weight loss rate was less than 2.0% in all non-perforated breathable films at three different storage periods and temperatures, 1°C; 210 days, 8°C; 75 days, and 20°C; 30 days except for the perforated film. 1,300 cc (1°C), 5,000 cc (8°C), and 10,000 cc (20°C) films were closed at the optimum MA storage condition by carbon dioxide and oxygen concentration. Ethylene concentration was lowest at the 40,000 cc film in every temperatures during storage. The 1,300 cc film established higher result in soluble solid and vitamin C content than any other films at 1°C, also showed higher in visual quality by panel test. The 5,000 cc film had the best results on soluble solid and off-flavor in 8°C. In the 20°C storage after 30 days of treatment the 10,000 cc film had highest firmness and visual quality. Following these results, it come to conclusion the suitable type of non-perforated breathable film such as 1,300 cc at 1°C, 5,000 cc at 8°C, and 10,000 cc at 20°C for MA storage in 'Fuji' apples.

Additional key words : carbon dioxide, ethylene, soluble solid, visual quality, vitamin C

서 론

사과는 우리나라 과수 재배 농가에서 감(*Diospyros kaki* THUNB)과 함께 가장 많이 재배되고 있는 과실이다(KATI, 2013). 가을철 집중적으로 수확되는 사과를 대상으로 저장에 의한 품질저하는 최소화하며 장기간 저장 및 유통 가능한 기술이 필요하다(Park 등, 2011). 현재 국내에서 생산된 사과는 주로 저온에서 저장되나, 장기 저장을 위해 CA 저장(Controlled atmosphere)을 이용하기도 한다(Yoo 등, 2013). 사과의 저장성 향상에 관한 다양한 연구가 진행되어 왔는데, CA 저장 중 내부갈변 현상에 대한 연구(Park, 1996), CA 저장 전 에틸렌 가스 생합성 억제제인 1-MCP와 aminoethoxyvinylglycine 그리고 열처리가 저장 기간 동안 과실 품질에 미치는 영향에 대한 연구(Kweon 등, 2012; Park 등, 2011) 등

이 있었다.

비용이 많이 드는 CA 저장을 대체할 수 있는 MA (Modified atmosphere) 저장에 대한 연구도 사과를 대상으로 일부 진행된 바 있는데, Park 등(2007)은 에틸렌 흡착능력이 있다고 알려진 zeolite을 첨가한 두께 25, 35, 그리고 45 μ m 필름으로 포장하여 0°C에서 저장하였을 때 25 μ m 필름이 선도 유지에 효과가 있다고 보고하였다. 또한 Yoon 등(2001)은 '후지' 사과를 1 \pm 0.5°C에서 30, 50, 그리고 100 μ m로 필름 두께가 서로 다른 폴리에틸렌 필름으로 포장하여 저장 하였을 때 100 μ m 필름이 저장 후 180일까지 당도를 유지하며 장기저장에 적합하다고 하였다. 이와 같이 기존의 MAP 실험은 포장재 종류나 두께에 의한 공기 투과율에 의존한 연구였으나, 최근 산소투과도를 임의로 조절할 수 있는 breathable 필름이 개발되어 여러 원예작물을 대상으로 연구되고 있다(Baek 등, 2013; Islam 등, 2011). 이에 본 연구는 '후지' 사과의 MA 저장성 향상을 위해 몇 가지 저장 온도별 적합한 비천공 breathable 필름 종류를 구명하고자 실시하였다.

*Corresponding author: hominkang@kangwon.ac.kr

Received February 28, 2014; Revised March 12, 2014;

Accepted March 16, 2014

재료 및 방법

본 실험에서는 강원도 양구에서 재배한 '후지' 사과를 이용하였으며, 포장재로는 PP(Polypropylene) 필름을 레이저로 가공하여 산소투과도를 각각 1,300cc, 5,000cc, 10,000cc, 20,000cc, 그리고 40,000cc · m⁻² · day · atm으로 조절한 비천공 breathable 필름과(대룡포장산업(주)), 대조구로 천공필름(직경 8mm hole 8개/20cm²)을 사용하였다. 포장한 사과는 1°C에서 210일, 8°C에서 75일 그리고 상온(20°C)에서 30일간 저장하였다.

저장온도별 최적의 필름 종류를 알아보기 위해 저장 중 생체중 감소율과 포장내 이산화탄소, 산소 및 에틸렌 농도 변화를 조사하였는데, 이산화탄소 및 산소 농도는 infrared sensor(Checkmate, PBI, Denmark), 에틸렌 농도는 gas chromatography(GC-2010, Shimadzu, Japan)를 사용하여 측정하였다(Park 등, 2000). 저장 최종일에 pocket refractometer(PAL-1, Atago, Japan)를 사용하여 당도를 측정하였고, penetrometer (DFT-01, TR, Italy)로 경도를 조사하였다. 비타민 C는 분석용 컬럼 ZORBAX Eclipse XDB-C18(4.6cm × 250mm, 5µm, Agilent, USA), 검출기는 Tunable Absorbance detector(Waters486, Waters, USA)를 장착한 HPLC로 측정하였다(Kim 등, 2011). 외관상 품질과 이취는 저장 최종일에 5명의 숙련된 패널에 의한 관능평가로 조사하였는데 1부터 5까지 등급으로 평가하였다. 외관상 품질의 등급은 저장전 가장 좋은 상태를 5점, 상품성이 유지된 상태를 3점, 그리고 완전 폐기 상태를 1점으로 하였다. 이취의 평가 등급은 이취를 느끼지 못하는 수준을 0점, 이취가 매우 강한 수준을 5점으로 하였다. 모든 실험은 7반복으로 진행하였으며 통계분석은 Microsoft Excel 2007 program을 이용하여 표준편차와 SPSS 21.0 버전을 이용하여 95% 신뢰수준에서 Duncan의 다중 검정으로 실시하였다.

결과 및 고찰

산소투과도가 각각 1,300cc, 5,000cc, 10,000cc, 20,000cc, 그리고 40,000cc · m⁻² · day · atm인 비천공 breathable 필름으로 포장하여 1°C, 8°C, 그리고 20°C에서 저장한 사과의 생체중 감소율은 저장 최종일에 2.0% 이하였고, 필름 처리간 차이에 통계적 유의성은 없었다. 그러나 천공필름으로 포장한 사과의 생체중은 20°C 저장 최종일인 저장 30일째 3.2% 감소하였으며, 같은 기간까지 저온저장 1°C와 8°C에서는 각각 1.0%와 2.0%까지 감소하였다. 또한 1°C에서 비천공 필름 처리구의 생체중 감소는 저장 최종일(저장 210일)에 사과의 최대 수분 손실 허용 범위인 7.5% 수준(Kays와 Paull, 2004)까지 감소하였다(Fig. 1).

천공필름을 제외한 breathable 필름처리구의 포장내 이산화탄소와 산소의 농도는 필름의 투과도가 증가할수록 이산화탄소는 감소하고, 산소는 증가하는 경향을 보였다(Fig. 2). 포장내 이산화탄소 농도는 세가지 저장 온도 모두에서 산소투과도가 가장 높은 40,000cc 필름 처리구가 1.0%~2.3%로 가장 낮게 유지되었고, 산소투과도가 가장 낮은 1,300cc 필름처리구에서 9.0~10.0%로 가장 높았다. 1,300cc 필름내 산소 농도는 모든 저장온도에서 가장 낮았는데, 이는 포장내 산소가 저장기간 중 호흡으로 인해 소모되면서 이산화탄소로 전환되었기 때문이다(Kader, 1986). Kader (2002)는 사과의 CA 저장시 최적 조건은 1~2%의 산소, 0~3%의 이산화탄소 농도이며, 대부분의 사과 품종은 최소 산소 허용범위 2.0%, 최대 이산화탄소 허용범위는 5.0%라고 보고하였다. 1°C에 저장한 1,300cc 필름 처리구의 경우 저장중 이산화탄소와 산소농도가 일시적으로 최대·최저허용범위를 벗어나기도 하였으나, 평균적으로 2.5%의 산소농도와 7.0%의 이산화탄소 농도를 보이며 저장 120일 이후 최적 CA 조건에

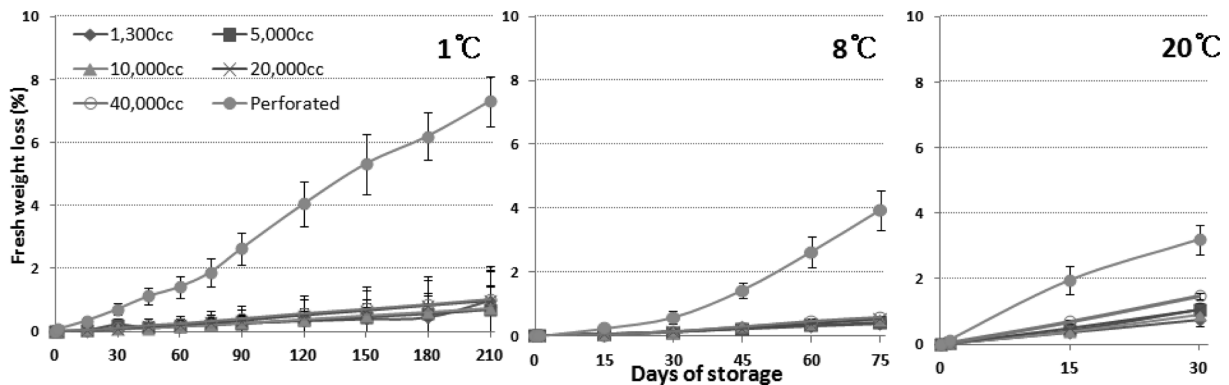


Fig. 1. Changes of fresh weight loss of 'Fuji' apples packaged with several breathable films and perforated film stored at 1°C, 8°C, and 20°C. Vertical bars represent ± SD (n = 7).

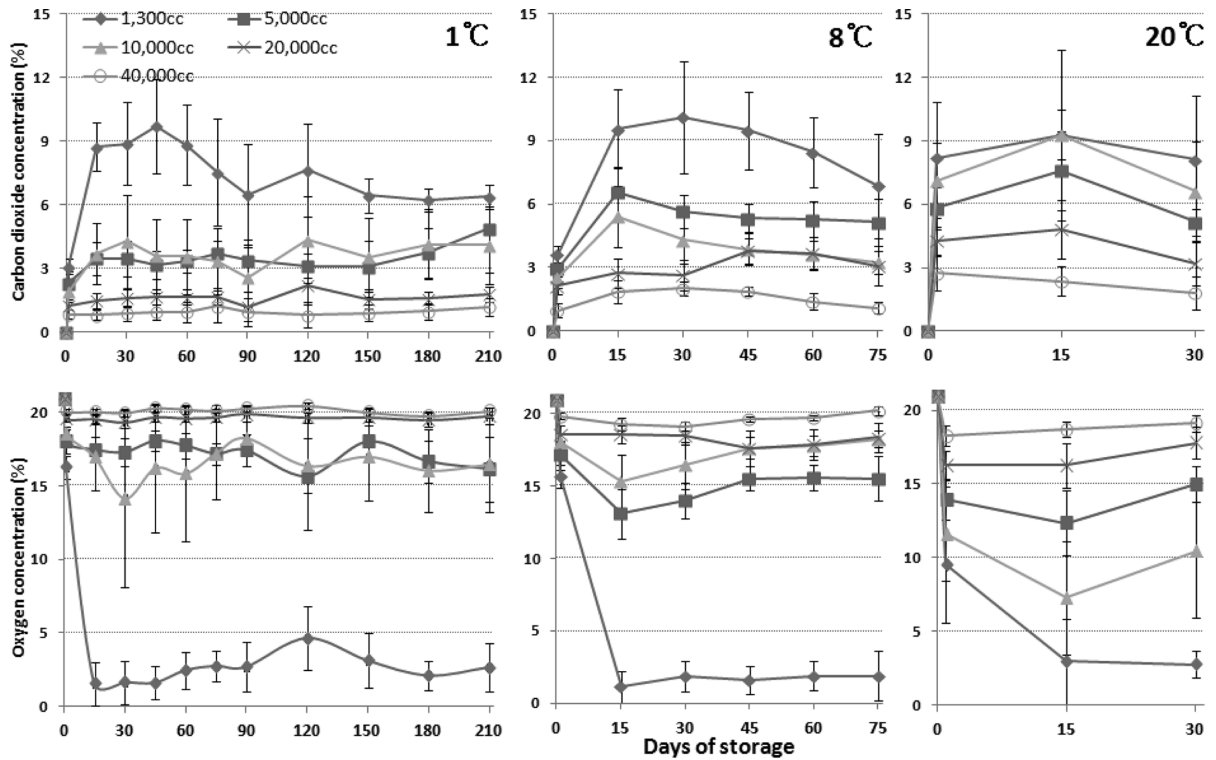


Fig. 2. Changes of carbon dioxide and oxygen concentration of 'Fuji' apples packaged with several breathable films and perforated film stored at 1°C, 8°C, and 20°C. Vertical bars represent \pm SD (n = 7).

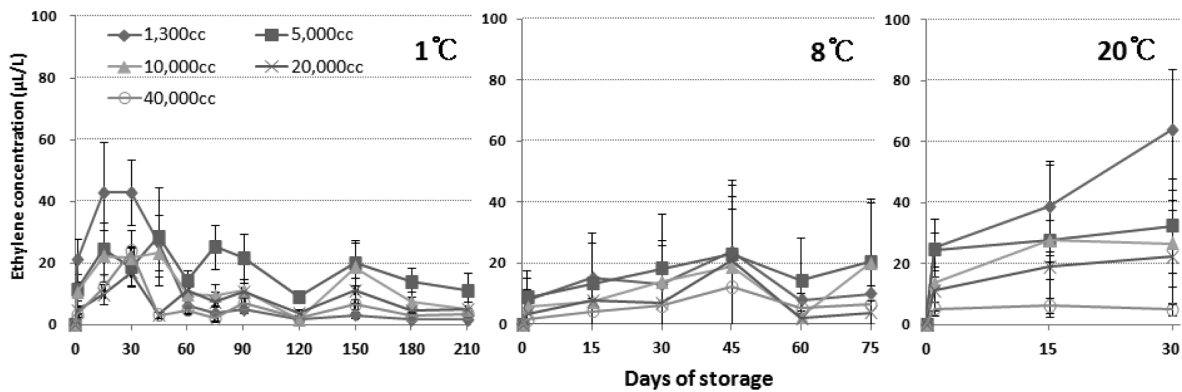


Fig. 3. Changes of ethylene concentration of 'Fuji' apples packaged with several breathable films and perforated film stored at 1°C, 8°C, and 20°C. Vertical bars represent \pm SD (n = 7).

근접하였고, 8°C와 20°C에서의 1,300cc 필름 처리구는 이산화탄소농도가 평균 8.0% 이상을 나타내어 CA 조건에 부적합하다고 판단되었다. 포장내 대기조성으로 볼 때 8°C에서 이산화탄소 5.1%, 산소 14.7%를 보인 5,000cc, 그리고 20°C에선 이산화탄소 6.1%, 산소 13.7%를 보인 10,000cc가 최적 CA 조건에 가장 근접하였다.

비천공 breathable 필름 포장내 에틸렌 농도는 1°C와 8°C 저장에서 20 μ L/L 수준이었고, 20°C에서는 대체로 1°C와 8°C보다 높은 농도를 나타냈으나, 1,300cc 필름은

저장 30일에 60 μ L/L 이상으로 증가하였다(Fig. 3). 에틸렌 농도는 모든 저장온도에서 산소투과도가 가장 높았던 40,000cc 필름이 저장 최종일까지 제일 낮게 유지되었다. 에틸렌은 과실의 숙성과 노화에 지대한 영향을 미치는데, 사과와 같은 매우 높은 에틸렌 생산량과 고민감도 작물에 해당하기 때문에 MA 저장을 위한 소포장시 에틸렌 농도에 주의해야 한다(Brody 등, 2011).

외관 품질, 이취 그리고 경도, 당도, 비타민 C 등의 품질 변화는 저장 최종일에 조사하였는데(Table 1), 외관 품질

Table 1. The firmness, soluble solid concentration, vitamin c, visual quality, and off-flavor, of 'Fuji' apples packaged 6 different films and stored at 1°C for 210 days, 8°C for 75 days, and 20°C for 30 days.

Storage temp.	Film treatments	Firmness (kg · m ⁻²)	Soluble solid (°Brix)	Vitamin C (mg/100 gFW)	Visual quality ^z	Off-flavor ^y
	Initial	3.12 ± 0.26 ^x	13.77 ± 0.61	4.66 ± 0.04	5.0	0.0
1°C	1,300cc	1.88ab ^w	15.05a	3.40a	2.9a	4.3a
	5,000cc	1.64b	13.98b	2.86c	2.6ab	3.0b
	10,000cc	1.53b	12.85c	2.78c	1.9b	2.8b
	20,000cc	1.66ab	13.08c	3.27ab	2.6ab	2.8b
	40,000cc	1.50b	14.02b	2.96bc	2.4ab	2.9b
	Perforated	2.12a	14.42ab	3.12abc	2.3ab	2.5b
8°C	1,300cc	2.30a	13.54a	3.78b	2.9a	3.8a
	5,000cc	2.15a	14.31a	3.52bc	2.5ab	2.7b
	10,000cc	2.07ab	13.95a	3.20c	2.8a	3.0ab
	20,000cc	1.71b	14.15a	3.10c	1.1c	3.3ab
	40,000cc	2.10ab	13.92a	3.05c	2.2b	2.8b
	Perforated	0.96c	14.47a	4.60a	1.0c	3.0ab
20°C	1,300cc	2.22b	14.30a	4.38ab	2.5ab	3.6a
	5,000cc	2.53a	12.01b	3.46d	2.6ab	3.7a
	10,000cc	2.59a	13.15ab	4.19b	3.1a	3.1a
	20,000cc	2.43ab	13.30ab	3.81c	2.9a	3.5a
	40,000cc	2.38ab	12.97ab	4.38ab	2.8a	3.0a
	Perforated	2.21b	13.10ab	4.61a	1.7b	3.2a

^zVisual quality was measured that 5 was fresh condition, 4 was good, 3 was moderate, 2 was bad, 1 was most severe; unmarketable.

^yOff-flavor was measured that 5 was most severe; unmarketable, 4 was severe, 3 was moderate, 2 was traceable, 1 was little, 0 was fresh condition.

^wMeans ± Standard Deviation (n = 7).

^xMeans separation within columns by Duncan's multiple range test, P = 0.05.

질은 1°C와 8°C에서 1,300cc 필름, 20°C에서는 10,000cc 필름이 가장 높게 유지되었다. 이취 발생은 1°C와 8°C에서 1,300cc 필름이 많았으나, 20°C에서는 필름간 유의적인 차이가 없었다.

경도는 1°C는 천공필름이, 8°C는 1,300cc 필름이, 그리고 20°C에서는 10,000cc 필름이 가장 높게 유지되었다. 농산물 경도는 수분손실로 인한 팽압 감소, 에틸렌에 의한 세포벽 분해효소의 활성 등으로 저장 중 감소하는데(Kays과 Paull, 2004), 본 실험에서는 생체중 감소가 포장내 에틸렌 농도가 경도 변화와 일정한 경향 없이 모든 처리구에서 저장전에 비해 27% 이상 감소하였다. 당도는 1°C에서 1,300cc 필름이 15.1°Brix, 20°C에서 1,300cc 필름이 14.3°Brix로 가장 높았으며 8°C의 경우 유의적인 차이는 없었으나 5,000cc 필름이 14.3°Brix로 높은 경향을 보였다. 이들 필름은 저장전에 비해 4% 이상 증가한 수치에 해당한다. 본 실험에서 저장 최종일까지 모든 처리구의 당도는 12.0~15.0°Brix를 나타내어 소비자의 기호도(12°Brix)에 부합하였다(NAPQMS, 1996).

비타민 C 함량은 다른 저장온도에 비해 저장기간이 월등히 길었던 1°C 저장(210일)에서 가장 많이 감소하였으며, 저장기간이 가장 짧았던 20°C(30일)에서 가장 높게 유지되었다. 원재료물의 비타민 C는 저장기간이 길어

질수록 저장 온도가 높을수록 많이 감소한다고 보고되었는데(Kang과 Kim, 2007), 본 연구결과로 볼 때, 저장 중 비타민 C 감소는 저장온도보다 저장기간에 더 많은 영향을 받는 것으로 판단된다. 각 필름 처리별 비타민 C 함량은 1°C에서는 외관상 품질과 내부 품질이 우수하였던 1,300cc 필름에서 가장 높았으나, 8°C와 20°C에서는 천공필름이 가장 높게 유지되었고, breathable 필름 중에서는 1,300cc 필름에서 가장 높았다. 이와 같이 모든 저장온도에서 1,300cc 필름의 비타민 C 함량이 높게 유지되었던 것은 포장내 낮은 산소 농도의 효과로 보여진다. 저장 중 딸기와 블랙베리의 비타민 C도 1~3%의 낮은 O₂ 조건에서 높게 유지되었다고 한다(Agar 등, 1995).

저장 중 수분감소로 인한 내부 물질의 농축효과(Choi 등, 2013)가 저장중 가장 큰 생체중 감소를 보인 천공필름에서 나타나, 저장 최종일에 8°C의 당도와 비타민 C 함량 그리고 20°C의 비타민 C 함량이 가장 높았으며 1°C에서도 당도와 비타민 C 함량은 두 번째로 높았다.

이상의 결과로 볼 때, '후지' 사과 MA 저장시 포장내 대기조성과 저장 최종일의 과실의 품질 등을 고려하면 1°C는 1,300cc 필름, 8°C는 5,000cc 필름, 그리고 20°C에서는 10,000cc 필름이 적합하다고 판단된다.

적 요

‘후지’ 사과 MA 저장성 향상을 위해 저장 온도별로 적합한 비천공 breathable 필름 종류를 구명하고자 본 연구를 수행하였다. 저장중 생체중 감소율은 모든 저장 온도의 비천공 breathable 필름 처리구에서 저장 최종일 까지 약 2.0% 이하를 나타냈다. 포장내 대기조성으로 볼 때 1°C에서 1,300cc 필름, 8°C에서 5,000cc 필름, 그리고 20°C에서 10,000cc 필름이 최적 MA 조건에 가장 근접하였다. 저장 중 포장내 에틸렌 농도는 모든 저장온도에서 산소 투과도가 가장 높았던 40,000cc 필름 처리구가 낮게 유지되었다. 저장 최종일의 1°C 1,300cc 필름이 당도, 비타민 C 함량, 그리고 외관 품질이 우수하였고, 8°C 5,000cc 필름이 당도와 이취 정도가 양호하였으며, 그리고 20°C 10,000cc 필름이 경도와 외관상 품질이 높은 수치를 나타내었다. 이상의 결과로 포장내 대기조성과 과실의 내외적 품질을 비교한 결과 ‘후지’ 사과의 MA 저장시 1°C는 1,300cc 필름, 8°C는 5,000cc 필름, 그리고 20°C에서는 10,000cc 필름이 적합하다고 판단된다.

추가 주제어 : 당도, 비타민 C, 에틸렌, 외관 품질, 이산화탄소

사 사

2013년 농림수산식품기술기획평가원의 생명산업기술개발사업과제(111080-03)로 수행되었음.

Literature Cited

- Agar, I.T., F. Bangerth, and J. Streif. 1995. Effect of high CO₂ and controlled atmosphere concentrations on the ascorbic acid, dehydroascorbic acid and total vitamin C content of berry fruits. *Acta Hort.* (ISHS) 398:93-100.
- Baek, J.P., H.J. Lee, I.L. Choi, H.J. Jung, J.S. Son, I.S. Kim, C.S. Jeong, and H.M. Kang. 2013. Effect of temperature and gas permeability of functional packing films on storability of fresh-cut *Salicornia herbacea* classified by size. *Protected Horticulture and Plant Factory* 22(2):175-181 (in Korean).
- Brody, A.L., H. Zhuang, and J.H. Han. 2011. Modified atmosphere packaging for fresh-cut fruits and vegetables. Blackwell Publishing Ltd. Oxford, UK. p. 144.
- Choi, I.L., J.P. Baek, and H.M. Kang. 2013. Identification of suitable film type and temperature for green and gold kiwifruit MA condition using non-perforated film. *Journal of Agricultural, Life and Environmental Sciences* 25(2):65-70 (in Korean).
- Islam, M.Z., Y.S. Kim, and H.M. Kang. 2011. Effect of breathable film for modified atmosphere packaging material on the quality and storability of tomato in long distance export condition. *Journal of Bio-Environment Control.* 20(3):221-226.
- Kader, A.A. 1986. Biochemical and physiological basis for effects of controlled and modified atmospheres on fruits and vegetables. *Food Technol.* 40:99-104.
- Kader, A.A. 2002. Postharvest technology of horticultural crops. 3rd Ed. University of California, Division of Agriculture and Natural Resources. USA. p. 138.
- Kang, H.M. and I.S. Kim. 2007. Effect of vitamin c treatments on the storability of baby vegetables in MA storage. *Journal of Bio-Environment Control.* 16(4):420-425 (in Korean).
- Kays, S.J. and E.R. Paull. 2004. *Postharvest Biology.* Exon Press, Athens, GA, USA. p. 327,376,453.
- Kim, H.S., J.Y. Jung, H.K. Kim, K.M. Ku, J.K. Suh, Y. Park, and Y.H. Kang. 2011. Influences of meteorological conditions of harvest time on water-soluble vitamin contents and quality attributes of oriental melon. *Journal of Bio-Environment Control.* 20(4):290-296 (in Korean).
- Korea Agricultural Trade Information (KATI). 2013. The state of paprika industry in Korea. Korea Agro-Fisheries Trade Corporation, Seoul, Korea.
- Kweon, H.J., M.J. Kim, J.W. Lee, C. Choi, T.M. Yoon, and I.K. Kang. 2012. Effects of aminoethoxyvinylglycine application and heat treatment on fruit quality of ‘Fuji’ apples during CA storage. *Kor. J. Hort. Sci. Technol.* 30(5):527-533 (in Korean).
- National Agricultural Products Quality Management Service (NAPQMS). 1996. Grade standards for agricultural products. 1011. MAF, Korea.
- Park, H.W., H.S. Cha, Y.H. Kim, S.A. Lee, and J.Y. Yoon. 2007. Change in the quality of ‘Fuji’ apples by using functional MA (modified atmosphere) film. *Kor. J. Hort. Sci. Technol.* 25(1):37-41 (in Korean).
- Park, K.W., H.M. Kang, and C.H. Kim. 2000. Comparison of storability on film sources and storage temperature for fresh Japanese mint in MA storage. *J. Bio-Environ. Cont.* 9:40-46 (in Korean).
- Park, Y.M. 1996. Internal breakdown disorder of ‘Fuji’ apples during CA storage. *Kor. J. Hort. Sci. Technol.* 14(Suppl. I), p. 7-8.
- Park, Y.M., H.G. Park, and B.S. Lim. 2011. Analysis of postharvest 1-MCP treatment and CA storage effects on quality changes of ‘Fuji’ Apples during export simulation. *Kor. J. Hort. Sci. Technol.* 29(3):224-231 (in Korean).
- Yoo, J.G., D.H. Kim, J.W. Lee, D.G. Choi, J.S. Han, S.I. Kwon, H.J. Kweon, and I.K. Kang. 2013. Effect of preharvest sprayable 1-Methylcyclopropene (1-MCP) treatment on fruit quality attributes in cold stored ‘Gamhong’ apples. *Protected Horticulture and Plant Factory* 22(3):279-283 (in Korean).
- Yoon, C.K., S.K. Kim, Y.H. Kim, S.C. Lim, and T. Yoon. 2001. Effects of P.E film thickness on storage of ‘Fuji’ apple fruits. *Kor. J. Hort. Sci. Technol.* 19(Suppl. II), p. 71.